

**Travaux encadrés d'alternants réalisés dans le cadre du module
« Facteurs de risque et prévention »**

Master IS-PRNT – Année 2021/2022

Titre : Le Radon dans les entreprises



Composition du groupe de travail :

HANNA Vincent
LLORENS Thomas
PIPET Fridoline
SUZON Alexandre

Travaux coordonnés par :

Référent projet tuteuré : PUJOL Cyril
Référent DREETS : BARBE Rémi
Avec alternant MOUGHRABI Nidal de M2 IS-PRNT en conduite de projet

Date : 29 Mai 2022

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| 1. Introduction | 3 |
| 1.1. Contexte | 3 |
| 1.2. Objectif du guide..... | 3 |
| 2. Le risque radon | 4 |
| 2.1. Qu'est-ce que le radon ?..... | 4 |
| 2.2. Quels sont les risques sanitaires liés au radon ? | 4 |
| 2.3. Où trouve-t-on du radon ?..... | 5 |
| 2.3.1. Généralités | 5 |
| 2.3.2. Zonages | 5 |
| 2.3.2.1. Zone à potentiel radon faible : Zone 1 | 6 |
| 2.3.2.2. Zone à potentiel radon moyen : Zone 2..... | 6 |
| 2.3.2.3. Zone à potentiel radon significatif : Zone 3 | 6 |
| 2.3.2.4. Carte sur le zonage radon | 7 |
| 2.3.2.5. Conclusion sur le zonage..... | 9 |
| 3. Démarche de prévention du risque radon dans les lieux de travail..... | 10 |
| 3.1. Que dit la réglementation ?..... | 10 |
| 3.2. Évaluations et réduction du risque radon | 11 |
| 3.2.1. Comment mesurer le radon ? | 11 |
| 3.2.1.1. Mesure ponctuelle / instantanée..... | 12 |
| 3.2.1.2. Mesure continue..... | 12 |
| 3.2.1.3. Mesure intégrée..... | 12 |
| 3.2.2. Comment éviter le risque radon ?..... | 13 |
| 3.2.2.1. Action de réduction d'exposition au risque radon..... | 13 |
| 3.2.3. Information et prévention des travailleurs exposés | 15 |
| 3.2.3.1. Informations..... | 15 |
| 3.2.3.2. Préventions | 17 |
| 3.2.3.3. Outil de suivi : SISESI | 20 |
| 4. Synthèse sur la démarche de prévention du risque radon | 21 |
| 5. Annexes | 24 |
| 5.1. Annexe 1 - Protocole de mesurage du radon dans le cadre de l'évaluation du risque..... | 24 |
| 6. Sources | 27 |

1. Introduction

1.1. Contexte

Le radon est un gaz radioactif naturel présent partout à la surface de la terre. Il a pour origine l'uranium contenu dans la croûte terrestre en quantité variable suivant le type de roches. S'agissant d'un gaz, le radon peut sortir du sol et va se retrouver dans l'air que l'on respire. Il va se diluer rapidement dans l'air extérieur mais s'accumuler dans l'air intérieur. Il constitue, en France, la principale source d'exposition naturelle aux rayonnements ionisants et, du fait de son caractère cancérigène pulmonaire certain pour l'homme, engendre un excès de risque de cancer du poumon.

Le radon géogénique provenant des sols ou indirectement de l'eau ou de certains matériaux de construction est un risque d'origine naturelle. Il doit cependant être pris en compte dans la démarche d'évaluation des risques professionnels par l'employeur, lorsque ce gaz radioactif s'accumule dans un lieu de travail. Toutefois, les mesures de prévention pour ce risque diffèrent significativement des mesures habituelles de prévention des risques liés aux rayonnements ionisants.

Des évolutions réglementaires récentes et en cours viennent renforcer la politique de prise en compte du « risque radon » sur le territoire français. Des actions correctives seront à mettre en œuvre dans certains établissements recevant du public et lieux de travail situés en zone à potentiel radon, en cas de dépassement du nouveau niveau de référence en radon dans l'air.

1.2. Objectif du guide

Ce guide de prévention du risque radon est à destination des employeurs pour la gestion du risque radon. Le risque radon a été inséré dans la démarche générale de prévention des risques professionnels ce qui a profondément modifié l'approche, en particulier avec la nécessité de procéder à l'évaluation des risques et la possibilité de réaliser un auto-mesurage du radon qui sont détaillées dans ce guide.

Ce guide est avant tout un outil mis à disposition des acteurs de la prévention de ce risque afin de les aider en leur présentant un cadre large et souple où ils vont pouvoir récupérer les éléments dont ils ont besoin en fonction de leur situation. En effet, chaque situation étant un cas particulier, il faut en conséquence adapter les moyens de prévention.

2. Le risque radon

2.1. Qu'est-ce que le radon ?

Le radon est un gaz radioactif naturel ayant les propriétés des gaz nobles : **invisible, inodore et chimiquement inerte.**

Il est produit par désintégration alpha du radium, provenant lui-même de la chaîne de désintégration radioactive de l'uranium contenu dans certains minéraux des sols. Il existe trois isotopes du radon (219, 220, 222) mais le **radon 222** est le seul qui ait une période radioactive (demi-vie) assez longue (3,8 jours) pour migrer jusqu'à la surface et y rester assez longtemps pour **créer un risque pour la santé.** En effet, le radon, en se désintégrant, crée des descendants solides qui sont eux-mêmes radioactifs et des métaux lourds : le polonium, le plomb et le bismuth.

Bien que dangereux et à l'origine de milliers de morts chaque année en France, le radon est un gaz toujours très peu connu. Peu de personnes savent de quoi il s'agit, et encore moins sont conscientes du risque que représente une exposition prolongée au radon. On constate que l'on réalise encore peu de mesures malgré l'émergence d'une réglementation de plus en plus exigeante dans les lieux de travail ou les ERP (Établissements Recevant du Public).

2.2. Quels sont les risques sanitaires liés au radon ?

Depuis 1987, le radon est classé par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC, Organisation Mondiale de la Santé) comme **cancérogène certain pour le poumon.** D'après les données épidémiologiques disponibles, il y aurait environ 3 000 cas de cancers du poumon attribuables au radon par an en France.

Depuis le 1er juillet 2018, la réglementation intègre ce risque dans la démarche de prévention des risques professionnels.

2.3. Où trouve-t-on du radon ?

2.3.1. Généralités

A la surface de la terre, **le radon est toujours présent dans l'air ambiant mais à des teneurs variables** dépendant de facteurs géologiques, atmosphériques et humains.

Les facteurs **géologiques** sont liés à la nature des sols dont la teneur en uranium (source du radon) et les caractéristiques particulières (porosité, failles...) permettent au radon de sortir des sols (exhaler) plus ou moins rapidement. La cartographie du potentiel radon des sols du territoire français, élaborée par l'IRSN, est basée principalement sur ces facteurs géologiques.

Les facteurs **atmosphériques** (pression, température, neige, pluie...) ont des effets à la fois sur l'exhalation du radon des sols et sur sa dilution dans l'air extérieur mais aussi sur son accumulation dans les espaces clos ou mal ventilés, plus généralement dans l'air intérieur.

Enfin, les facteurs **humains** sont les plus complexes à appréhender et peuvent être classés en deux grandes catégories : ceux liés à la **qualité de la construction** du lieu de travail vis-à-vis du radon (étanchéité et ventilation) et ceux liés aux **conditions de travail** dans le lieu de travail (réglage et entretien des systèmes de ventilation, de chauffage ou de climatisation ; ouverture des fenêtres ou portes...). De plus, certaines activités professionnelles ou lieux de travail spécifiques peuvent engendrer des accumulations particulières de radon du fait de la présence d'eau souterraine, de sources de chaleur ou de ventilation drainant plus de radon, de lieux très confinés ou en milieu souterrain... Ces lieux ou locaux de travail spécifiques vis-à-vis de l'accumulation du radon doivent faire l'objet d'une attention toute particulière dans le cadre de l'évaluation du risque.

2.3.2. Zonages

Le radon est présent en tout point du territoire et sa concentration dans les bâtiments est très variable : de quelques becquerels par mètre-cube ($Bq.m^{-3}$) à plusieurs milliers de becquerels par mètre-cube.

La connaissance des caractéristiques des formations géologiques sur le territoire rend ainsi possible l'établissement d'une cartographie des zones sur lesquelles la présence de radon à des concentrations élevées dans les bâtiments est la plus probable.

2.3.2.1. Zone à potentiel radon faible : Zone 1

Les communes à **potentiel radon de catégorie 1** sont celles localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. Ces formations correspondent notamment aux formations calcaires, sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (Bassin parisien, Bassin aquitain) et à des formations volcaniques basaltiques (Massif central, Polynésie française, Antilles...). Sur ces formations, une grande majorité de bâtiments présente des concentrations en radon faibles. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que seulement 20% des bâtiments dépassent 100 Bq.m⁻³ et moins de 2% dépassent 300 Bq.m⁻³.

2.3.2.2. Zone à potentiel radon moyen : Zone 2

Les communes à **potentiel radon de catégorie 2** sont celles localisées sur des formations géologiques présentant des teneurs en uranium faibles mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments.

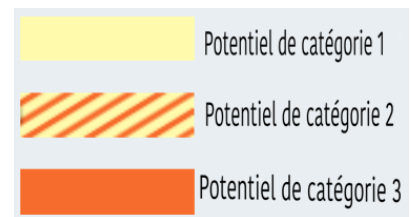
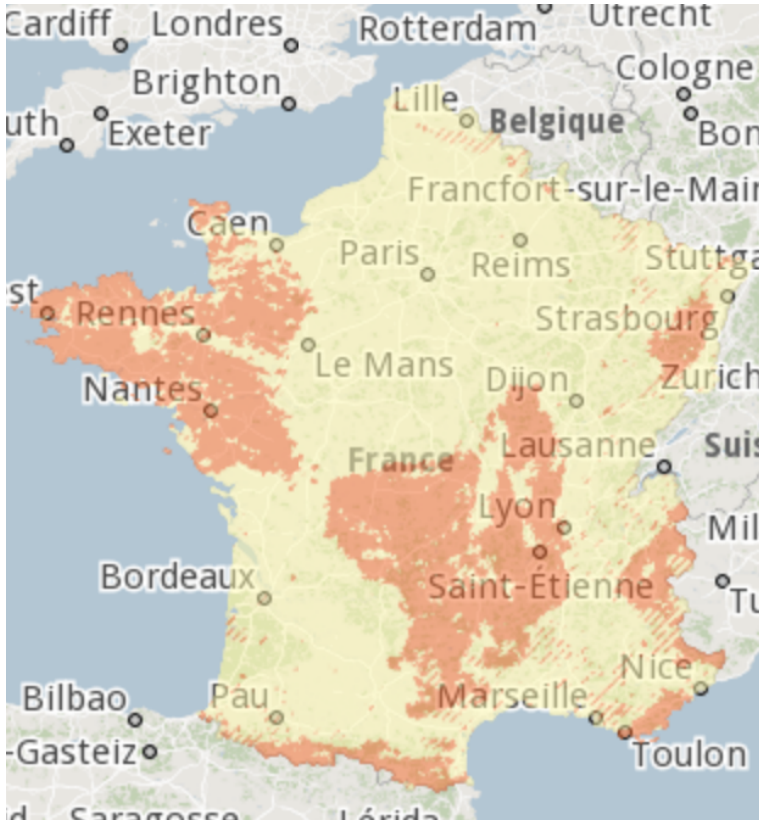
Les communes concernées sont notamment celles recoupées par des failles importantes ou dont le sous-sol abrite des ouvrages miniers souterrains... Ces conditions géologiques particulières peuvent localement faciliter le transport du radon depuis la roche jusqu'à la surface du sol et ainsi augmenter la probabilité de concentrations élevées dans les bâtiments.

2.3.2.3. Zone à potentiel radon significatif : Zone 3

Les communes à **potentiel radon de catégorie 3** sont celles qui, sur au moins une partie de leur superficie, présentent des formations géologiques dont les teneurs en uranium sont estimées plus élevées comparativement aux autres formations. Les formations concernées sont notamment celles constitutives de massifs granitiques (Massif armoricain, massif central, Guyane française...), certaines formations volcaniques (massif central, Polynésie française, Mayotte...) mais également certains grès et schistes noirs.

Sur ces formations plus riches en uranium, la proportion des bâtiments présentant des concentrations en radon élevées est plus importante que sur le reste du territoire. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que plus de 40% des bâtiments situés sur ces terrains dépassent 100 Bq.m⁻³ et plus de 10% dépassent 300 Bq.m⁻³.

2.3.2.4. Carte sur le zonage radon

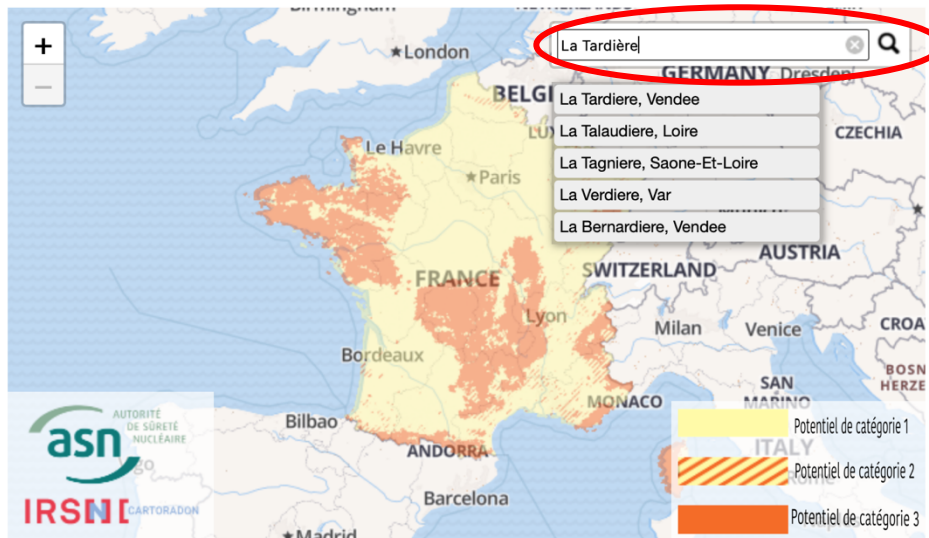


Cartographie du potentiel du radon des formations géologiques établie par l'IRSN

Afin de retrouver plus de détails sur le potentiel radon de votre commune, nous vous conseillons de consulter directement le site de l'IRSN. Voici le lien : https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/5-cartographie-potentiel-radon-commune.aspx#.YjogLy_pNQI

- Une fois sur le site de l'IRSN, il faut saisir votre commune dans la barre de recherche, puis lancer la recherche afin de connaître le potentiel radon de votre commune.

| Connaître le potentiel radon de sa commune



| Connaître le potentiel radon de sa commune



2.3.2.5. Conclusion sur le zonage

Le potentiel radon fournit un niveau de risque relatif à l'échelle d'une commune, il ne présage en rien des concentrations présentes dans un bâtiment, celles-ci dépendant de multiples autres facteurs (étanchéité de l'interface entre le bâtiment et le sol, taux de renouvellement de l'air intérieur...).

Le fait qu'un bâtiment soit localisé dans une commune à potentiel radon de catégorie 3 ne signifie pas forcément qu'elle présente des concentrations en radon importantes. Elle a toutefois nettement plus de risque d'en présenter que le même bâtiment situé dans une commune à potentiel radon de catégorie 1. Les concentrations peuvent par ailleurs atteindre des niveaux très élevés pour des caractéristiques architecturales ou des conditions de ventilation défavorables. **Compte-tenu du risque sur la santé associée au radon, il est dans ce cas important d'évaluer plus précisément l'exposition à laquelle vous êtes soumis.**

3. Démarche de prévention du risque radon dans les lieux de travail

3.1. Que dit la réglementation ?

Les dispositions réglementaires spécifiques prévues notamment par le Code du travail, s'appliquent dès lors que les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à un risque dû au radon et notamment aux activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée des bâtiments situés dans les zones où l'exposition est susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs ainsi que dans certains lieux spécifiques de travail. Ces lieux spécifiques feront l'objet de dispositions particulières.

→ Quels sont les lieux de travail concernés par l'évaluation du risque radon ?

- Sous-sol ou rez-de-chaussée des bâtiments (CT : R. 4451-1)
- Des lieux de travail spécifiques (CT : 4451-4) comme des cavités souterraines (carrières, mines, grottes, caves agricoles...) ou des ouvrages enterrés (barrages, égouts, tunnels...)
- Il peut aussi être recommandé de procéder à une évaluation du risque radon dans d'autres situations comme par exemple, dans un lieu de travail situé au premier étage d'un bâtiment dans lequel il a été mesuré un dépassement du niveau de référence au rez-de-chaussée.

Dans les établissements situés dans les départements ou parties de départements où le radon est présent en grande quantité et où le risque est présent pour les travailleurs, en raison de leur situation de travail, l'employeur devra procéder à un mesurage de cette activité par un organisme agréé ou par l'IRSN. Les départements français les plus concernés par le radon sont :

- La Haute-Vienne,
- La Creuse,
- La Corrèze,
- Le Cantal,
- La Lozère,
- La Haute-Loire,
- La Loire,
- L'Ariège,
- Les Hautes-Pyrénées,
- La Haute-Corse,
- La Corse du Sud,
- Le Morbihan,
- Le Finistère,

- Les Côtes d'Armor,
- Le Calvados,
- La Haute-Marne,
- Les Vosges,
- La Haute-Saône.

Lorsque les résultats des mesures effectuées sont supérieurs aux niveaux fixés par une décision de l'Autorité de sûreté nucléaire, l'employeur met en œuvre les actions nécessaires pour réduire l'exposition aussi bas que raisonnablement possible.

Conformément au décret 2018-437 du 4 juin 2018, l'employeur peut procéder lui-même au mesurage de l'activité volumique moyenne annuelle du radon lorsque les résultats de l'évaluation des risques mettent en évidence que l'exposition est susceptible d'atteindre ou de dépasser le niveau de référence de 300 Bq/m³.

3.2. Évaluations et réduction du risque radon

3.2.1. Comment mesurer le radon ?

Évaluer votre exposition nécessite de réaliser un dépistage du milieu. Ce dépistage consiste à mesurer les concentrations du radon à l'aide de détecteurs (dosimètres radon) qu'il est possible de placer soi-même. Pour que cette mesure soit représentative, elle doit être effectuée dans les pièces de vie principales, sur une durée de plusieurs semaines et de préférence sur la période hivernale. Le coût d'acquisition et de développement de ces détecteurs s'élève à quelques dizaines d'euros.

Jusque dans les années 1990, la mesure du radon n'étant pas normalisée, il y a eu de nombreux problèmes d'interprétation liés aux recherches sur le sujet. Il existait à l'époque plusieurs méthodes de mesure, ce qui rendait une très grande variabilité de l'activité volumique de ce gaz. En un même lieu, l'activité volumique du radon peut varier d'un facteur de 10 à 100 selon la période de l'année et l'heure de la journée. A la demande des pouvoirs publics, un travail de normalisation a donc commencé, portant sur trois types de mesure définis par rapport à la durée :

- La mesure ponctuelle / instantanées
- La mesure continue
- La mesure intégrée

Chaque méthode devant être choisie en fonction des objectifs recherchés.

Pour réaliser vos mesures vous devrez vous munir d'un dosimètre radon, l'unité de mesure du radon dans l'air est le **Bq/m³**. En France, la valeur de **300 Bq/m³ en moyenne annuelle** a été retenue comme valeur de référence en dessous de laquelle il convient de se situer.

→ **Voir Annexe 1 – Protocole de mesure**

3.2.1.1. Mesure ponctuelle / instantanée

Les mesures instantanées ou ponctuelles ne sont représentatives que du moment où elles sont réalisées, compte tenu de la variation temporelle très importante du radon dans un environnement donné.

Elles sont menées pour compléter une étude ou pour réaliser une cartographie d'un bâtiment ayant révélé l'existence d'une problématique Radon, afin d'obtenir une représentation spatiale du radon dans un bâtiment, à un instant donné.

3.2.1.2. Mesure continue

Les mesures en continu sont réalisées à l'aide d'équipements de mesure électroniques enregistreurs la plupart du temps, sur des durées variables de 24 - 48 heures, d'une semaine ou pendant de très longues périodes pour des études environnementales.

Ces mesures enregistrent la variation du Radon dans le temps et conduisent à une interprétation plus fine d'une problématique Radon.

3.2.1.3. Mesure intégrée

Les dispositifs de mesure intégrée du radon sont les moins coûteux et les plus faciles à utiliser pour réaliser un mesurage sur une longue durée. En effet, il est nécessaire que la durée d'intégration d'un détecteur radon soit d'au minimum de deux mois (trois recommandés) afin de pouvoir comparer le résultat de ce mesurage au niveau de référence (NR) dont la valeur représente une activité volumique moyenne annuelle.

Pour disposer d'une véritable moyenne annuelle, une période d'intégration d'un an serait nécessaire mais cela pose d'importantes difficultés pratiques. Si la durée du mesurage d'un DSTN (détecteurs solides de traces nucléaires ou dosimètre) est d'au moins deux mois, il n'est pas nécessaire de tenir compte des incertitudes de mesure pour comparer le résultat au NR puisqu'il sera représentatif d'une moyenne annuelle.

INFO : Le DSTN de type « fermé » est recommandé en cas d'atmosphère empoussiérée ou de présence d'humidité. Par ailleurs, il est nécessaire d'utiliser le même type de DSTN pour l'ensemble d'un mesurage dans un lieu de travail.

Elles sont à réaliser tous les 10 ans ou en cas de modification substantielle de l'ouvrage. On parle de dépistage, qu'il s'agisse de premières mesures, de mesures récurrentes ou de mesures après travaux.



Détecteur « ouvert »

Détecteur « fermé »

Exemples de dispositifs de mesure intégrée du radon de type DSTN

3.2.2. Comment éviter le risque radon ?

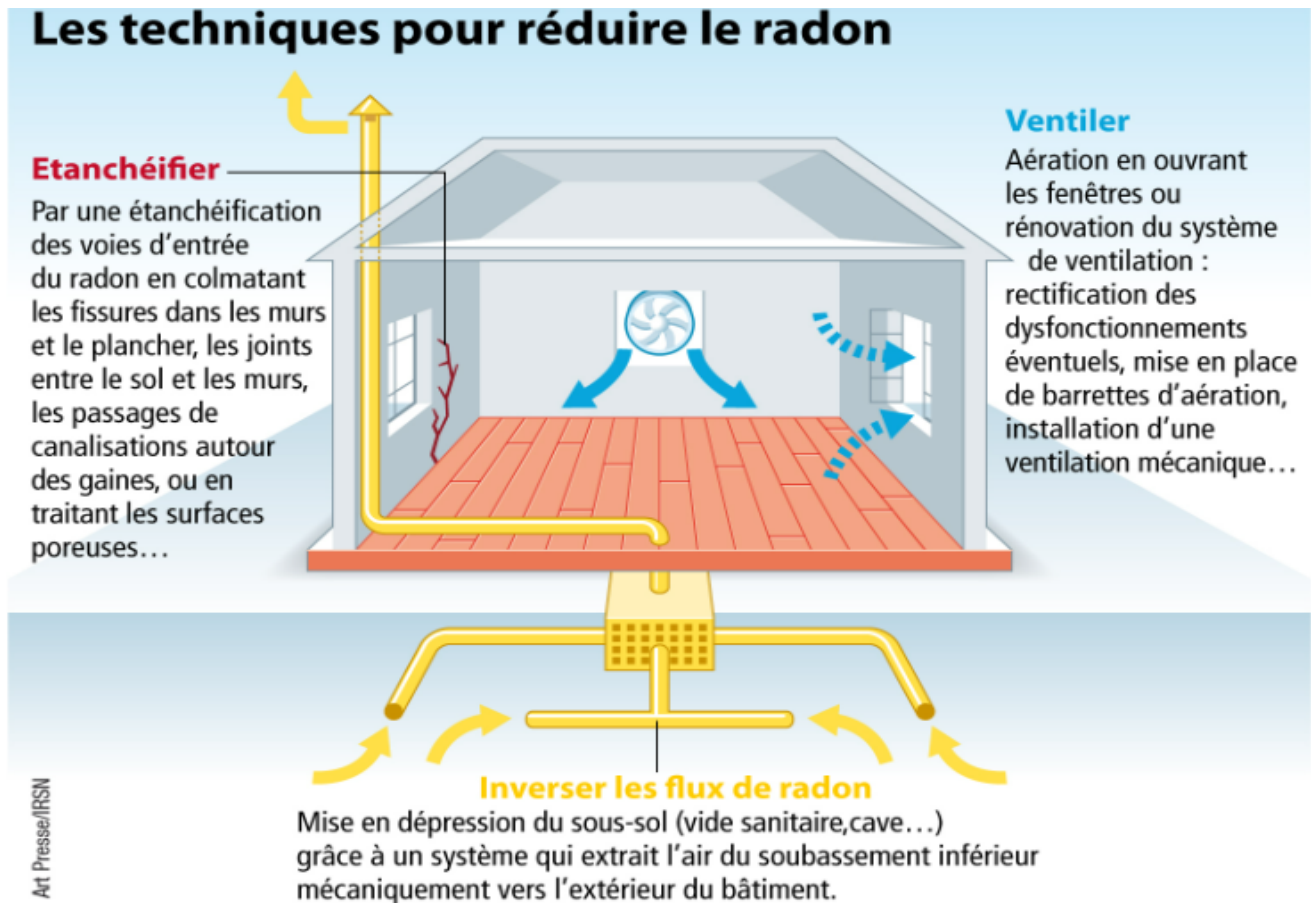
Si le mesurage du radon confirme un dépassement du niveau de référence (300 Bq/m³), alors **l'employeur doit mettre en œuvre des mesures de réduction de l'exposition au radon**, comme demandé au point 5° de l'article R.4451-18 du code du travail.

3.2.2.1. Action de réduction d'exposition au risque radon

Les mesures afin de réduire cette exposition sont les suivantes :

- La mise en œuvre d'autres procédés de travail n'exposant pas ou entraînant une exposition moindre
- La modification de la conception et de l'agencement des lieux et postes de travail visant à réduire l'exposition aux rayonnements ionisants
- L'amélioration de l'étanchéité du bâtiment vis-à-vis des points d'entrée du radon ou le renouvellement d'air des locaux
- Le choix d'une organisation du travail visant à réduire la durée et l'intensité des exposition

- La maintenance des équipements de travail, y compris les dispositifs de protection et d'alarme, réalisée à une fréquence préconisée par le constructeur ou justifiée au regard de l'activité



Ces actions sont complémentaires. Il est recommandé de combiner ces actions afin d'augmenter l'efficacité de la réduction du niveau de radon et de réduire les coûts à long terme que ces actions correctives peuvent engendrer.

3.2.3. Information et prévention des travailleurs exposés

3.2.3.1. Informations

Tout d'abord, il apparaît évident de définir un travailleur exposé au risque radon selon les modalités du code du travail, cité plus tôt.

Il est aussi opportun de s'intéresser au moment de l'exposition du travailleur, c'est-à-dire au périmètre de présence potentiel et/ou avéré de radon dans les locaux ou les lieux des interventions des salariés : il ne faut pas confondre un **lieu de travail** spécifique à l'égard du radon, étant un lieu défini par arrêté (cavités, grottes, ouvrages situé en milieu souterrain), dans lequel le radon peut s'accumuler de manière significative ; et un **local de travail** spécifique à l'égard du radon étant situé à l'intérieur d'un bâtiment, souvent en sous-sol, avec une présence généralement ponctuelle de travailleurs, où le radon va s'accumuler préférentiellement (local technique, local informatique, buanderie...).

Si un ou plusieurs travailleurs bénéficient d'une surveillance dosimétrique individuelle (Code du Travail : R. 4451-64) et d'un suivi individuel renforcé de leur état de santé (Code du Travail : R. 4451-82), il est nécessaire qu'ils reçoivent une formation et non pas juste une information (qui est obligatoire), relative au risque lié au radon, aux mesures de protections associées et aux modalités de surveillance dosimétrique.

Dans de rares cas ou dans certains lieux de travail spécifiques (lieux ou locaux signaler dans lesquels l'évaluation des risques relève des mesures de concentration en radon son supérieur ou égal à 6 mSv/an pour une occupation à temps plein sans possibilité de réduire l'exposition par des mesures de protection), il n'est pas possible de réduire le radon en dessous du niveau de référence sans modifier la conception du lieu de travail ou l'activité professionnelle, ce qui est parfois impossible. Ces situations problématiques nécessitent une réflexion plus poussée au cours de laquelle l'employeur devra faire appel à un conseiller en radioprotection pour l'assister dans la mise en place d'un système renforcé pour la protection des travailleurs vis-à-vis du risque radon.

Concernant la signalisation, aucune signalisation spécifique au risque radon n'a été définie au niveau européen. A défaut, c'est une signalisation respectant l'arrêté du 04/11/1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail du risque radiologique qui s'applique.

Néanmoins, afin d'éviter les incompréhensions avec une zone signalant un risque d'exposition à des sources de rayonnements ionisants artificielles, il est recommandé d'utiliser en complément le panneau d'avertissement et de signalisation de risque ou de danger radon ci-dessous :



Il est aussi possible d'écrire « **Radon** » en toute lettre plutôt que d'utiliser son symbole chimique « **Rn** » du tableau de Mendeleïev.

3.2.3.2. Préventions

Le radon représente un risque professionnel qui doit être appréhendé de la même manière que les autres risques. Il appartient à l'employeur de réduire ce risque afin d'assurer la sécurité des travailleurs et de protéger leur santé. Pour ce faire, l'employeur procède à une évaluation du risque radon avec l'aide du préventeur qu'il a désigné (salarié compétent mentionné à l'article L. 4644-1 du CT, conseiller de prévention pour les collectivités, conseiller en radioprotection...). Il consigne cette évaluation dans le **document unique**, en prenant, si nécessaire, des mesures qu'il met en œuvre conformément aux principes généraux de prévention des risques professionnels (CT : L. 4121-1).

Pour que le radon ne soit pas considéré comme un risque d'exposition professionnel, l'article R. 4451-10 du code du travail fixe un niveau de référence (NR) pour le radon à **300 Bq/m³ en activité volumique moyenne annuelle**. Ce niveau de référence est un niveau de gestion harmonisé en France pour toute situation d'exposition (habitat, lieu de travail, ERP). Il ne doit pas être considéré comme un seuil sanitaire en dessous duquel il n'y a plus de risque de cancer puisqu'en matière de rayonnements ionisants, il n'y a pas de seuil.

En dessous de ce niveau de référence (NR), l'employeur n'est pas contraint par la réglementation spécifiquement liée aux rayonnements ionisants d'agir pour réduire l'exposition au radon. Cependant, les principes généraux de prévention des risques professionnels et ceux de la radioprotection l'engagent à réduire le risque aussi bas que raisonnablement possible.

Il est impossible de supprimer la présence de radon dans l'air intérieur (il restera toujours un « bruit de fond ») mais il est possible, dans la plupart des cas, de réduire facilement son niveau.

Évaluation du risque radon

Avant tout début de mission, l'employeur doit être en connaissances de l'ensemble des dangers présents sur l'espace de travail, c'est pour cette raison qu'il procède à une évaluation des risques. Dans le cadre de l'exposition au radon, l'employeur devra procéder en 2 étapes :

- Estimation de la concentration d'activité du radon dans l'air pouvant atteindre la valeur de référence d'exposition au radon :
 - Analyse de la configuration des locaux ;
 - Prise en compte de la situation géographique de la cartographie à potentiel radon ;

- Diagnostic de la ventilation des locaux, ainsi que l'étanchéité du sol de l'infrastructure concernée.
- Dépistage par mesurage de la concentration en radon, si l'évaluation précédente le recommande :
 - Le dépistage s'effectuera sous forme de mesure intégré d'une durée de minimum 2 mois sur la période hivernale (d'octobre à avril), dans un milieu homogène.

À l'issue de toutes mesures de concentration en radon en moyenne annuelle (Bq/m^3), il est nécessaire de convertir cette valeur en dose efficace (mSv/an). Cette dernière doit être **inférieure à 6 mSv/an**, et incombe, si elle est dépassée, des mesures de suivi individuelle renforcées du salarié. Ainsi la formule de conversion à appliquer :

$$E = C \times T \times CD$$

E : dose efficace en mSv/an
C : concentration en radon en moyenne annuelle en Bq/m^3
CD : coefficient de dose en $mSv/(Bq/h/m^3)$, ici on prendra **$3,11 \times 10^{-6} mSv/(Bq/h/m^3)$**
T : nombres d'heures sur le lieu de travail concerné, en h

CD peut aussi être aussi identifié de cette manière :

$$CD = EAP_{radon} \times F \times \text{Facteur de Conversion}$$

EAP_{radon} (Énergie Alpha Potentielle du radon) : **$5.56.10^{-9} J.Bq^{-1}$** ;
F : facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants qui dépend principalement de la ventilation du local ;
Facteur de conversion : **$1,4 Sv \text{ par } J.h.m^{-3}$** pour les lieux de travail.

Le facteur d'équilibre moyen **F** correspond aux valeurs suivantes :

| | |
|--|----------------|
| Secteurs tertiaires avec système de ventilation (bureaux...) | F = 0,4 |
| Cavités souterraines avec ventilation mécanique (mines...) | F = 0,2 |
| Cavités souterraines avec aération naturelle (grottes...) | F = 0,4 |
| Ateliers, locaux techniques avec empoussièrement important | F = 0,8 |

Dans le cadre de l'évaluation des risques, il ne faut pas oublier les locaux occupés régulièrement ou ponctuellement par des travailleurs d'entreprises extérieures, en particulier dans le cadre de travaux de maintenance et d'entretien. De plus, ce sont souvent des « locaux de travail spécifiques à radon » car ils sont généralement en sous-

sol avec des passages de canalisations ou de câbles divers ainsi qu'une aération souvent déficiente, et parfois, avec une source de chaleur (chaufferie, local technique, local informatique...).

Si ces locaux sont évalués comme à risque, il sera nécessaire d'informer les entreprises extérieures de ce risque et de bien définir les consignes à appliquer dans le cadre du plan de prévention.

Mise en œuvre du système renforcé pour la protection des travailleurs

A partir du moment où l'employeur doit mettre en place une ou plusieurs « zones radon » (dû aux résultats des mesures) sur son lieu de travail, il doit aussi mettre en place une organisation de la radioprotection (CT : R. 4451-111) et désigne un conseiller en radioprotection (CRP) (CT : R. 4451-112) pour l'aider dans la mise en œuvre et le suivi du système renforcé. Cette organisation est graduée en fonction de l'exposition des travailleurs qui vont entrer dans la zone radon pour y travailler régulièrement ou ponctuellement.

A minima, ce dispositif de protection renforcé comprend :

- La désignation d'un conseiller en radioprotection (CRP) qui est la première action à réaliser pour l'employeur ;
 - Un salarié de l'entreprise ou un agent de l'établissement disposant d'un certificat à jour de formation de personne compétente en radioprotection (PCR) de niveau 1, secteur « rayonnements d'origine naturelle » ou de niveau 2, de préférence avec l'option « sources non scellées » ;
 - Un organisme compétent en radioprotection (OCR) disposant d'une certification incluant la gestion du risque radon ;
 - Un pôle de compétences en radioprotection pour les établissements comprenant au moins une installation nucléaire de base sur un même site.
- La délimitation et les conditions d'accès à une « zone radon » pour tout travailleur (autorisation d'accès), conditionnée par la réalisation de l'évaluation individuelle de l'exposition ;
- Une information ou formation appropriée à chaque travailleur accédant à une zone radon (CT R. 4451-58), portant sur le risque lié au radon, les conditions d'accès aux « zones radon », les effets de synergie entre radon et tabac, les mesures de protection, l'utilisation des appareils de surveillance... ;
- Une vérification initiale de la « zone radon » par un organisme accrédité ou agréé par l'ASN (CT R. 4451-44) à la suite de sa mise en place afin de s'assurer que la ou les zones couvrent bien tous les locaux potentiellement concernés, puis des vérifications périodiques (CT R. 4451-45) par le CRP, ou sous sa supervision, de façon à surveiller l'évolution dans le temps du niveau de radon ;

- Une évaluation individuelle (CT R. 4451-53) de l'exposition au radon pour tout travailleur accédant en « zone radon » ; cette évaluation consiste à calculer la dose efficace exclusivement liée au radon que le travailleur est susceptible de recevoir, dans le cadre de l'exercice de son activité professionnelle, dans l'ensemble des zones radon où le travailleur est susceptible d'intervenir sur les douze mois consécutifs à venir.

Une fois que l'employeur, avec l'aide de son CRP, a délimité une ou plusieurs « zone(s) radon » sur le lieu de travail, il fait procéder à une vérification initiale (CT : R. 4451-44), par un organisme accrédité pour cette vérification (OVA Rn) ou par un organisme agréé par l'ASN pour le mesurage du radon de niveau 2 (OVA Rn Nv2), répondant aux conditions de l'arrêté pris en application de l'article R. 4451-51 du code du travail. Elle a pour objectif de s'assurer que les « zones radon » ont été bien délimitées, en réalisant des mesures adaptées dans ces « zones radon » et dans les lieux de travail attenants.

Par la suite, l'employeur devra faire procéder à des vérifications périodiques par le CRP ou sous la supervision de celui-ci, selon des périodicités qui ne pourront pas dépasser celles maximales fixées dans l'arrêté pris en application de l'article R. 4451-51 du code du travail.

3.2.3.3. Outil de suivi : SISERI

Le Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI) a été mis en place à la demande et avec le soutien de la Direction Générale du Travail. Sa gestion a été réglementairement confiée à l'IRSN.

En application de l'article R.4451-127 du Code du travail, le système SISERI permet de centraliser, vérifier et conserver l'ensemble des résultats des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants.

Le système SISERI, via un accès internet sécurisé, met à disposition des médecins du travail (MDT) et des personnes compétentes en radioprotection (PCR), les données dosimétriques des travailleurs qu'ils suivent, selon les règles fixées par le Code du travail. Les données de la base SISERI peuvent être restituées, dans le respect des règles fixées par le Code du travail, aux ayants droit, sur demande écrite.

La surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants se fait selon les modalités décrites aux articles R.4451-64 à R.4451-81 du Code du travail. Les travailleurs classés au sens de l'article R.4451-57 font l'objet d'un suivi dosimétrique assuré par des mesures individuelles de l'exposition externe, appelée dosimétrie passive et, le cas échéant, par des mesures permettant d'évaluer l'exposition interne. De plus, tout travailleur intervenant en zone contrôlée fait également l'objet d'un suivi par des mesures de dosimétrie opérationnelle.

Selon l'arrêté du 17 juillet 2013, les résultats des dosimétries passive et opérationnelle et du suivi de la contamination interne sont périodiquement transmises au système SISERI :

- La dosimétrie passive et les résultats des mesures du suivi de la contamination interne sont transmis par le laboratoire de l'IRSN ou un laboratoire agréé au sens de l'arrêté du 21 juin 2013,
- La dosimétrie opérationnelle est transmise par la PCR ou le CRP, désignée par le chef d'établissement.

Toutes les informations d'accès du Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants sont disponibles sur le site internet :

<https://siseri.irsn.fr/informations>

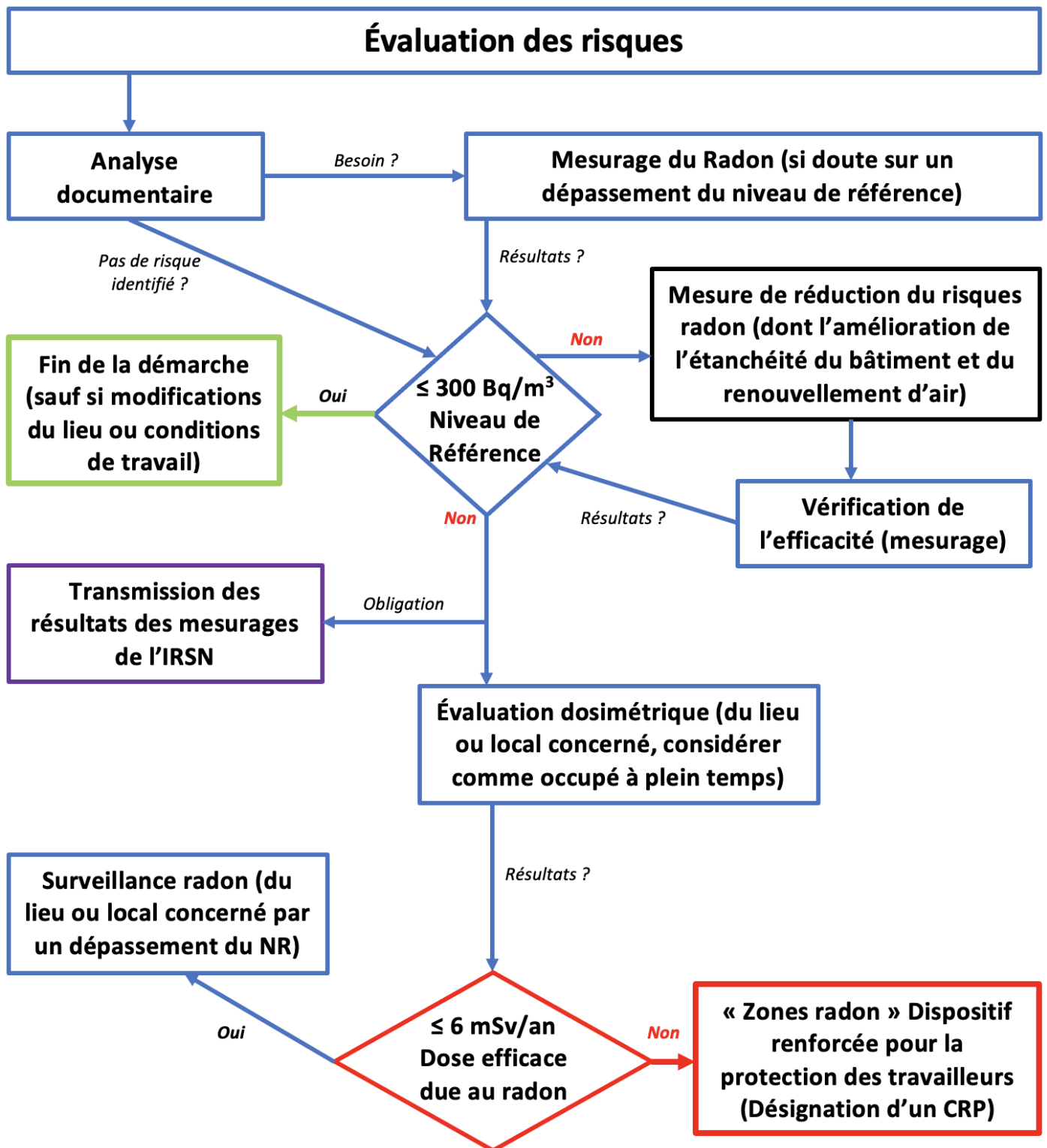
4. Synthèse sur la démarche de prévention du risque radon

Le radon est un gaz radioactif naturel présent partout à la surface de la Terre. Il a pour origine l'uranium contenu dans la croûte terrestre en quantité variable suivant le type de roches. La géologie de la France étant très contrastée, on retrouve la présence non négligeable de radon dans les massifs granitiques et volcaniques.

Ce gaz étant reconnu comme un cancérigène certain pour l'Homme, il se doit d'être connu et identifié dans les démarches d'évaluations des risques professionnels par l'employeur, lorsque ce gaz radioactif s'accumule dans un lieu de travail.

Le radon étant un gaz radioactif, sa surveillance et son approche est très encadrée par le Code du Travail, le Code de la Santé Publique, l'Autorité de Sûreté Nucléaire et l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire.

Ainsi certaines activités, selon le lieu de leurs réalisations, se doivent de suivre une démarche de prévention du risque radon dans les lieux de travail, pouvant être schématisé sous un raisonnement logique tel que :



Pour cela, ces dernières ont établi différents types de mesures (ponctuelles, continues et intégrées) qui vont permettre d'assurer la protection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants en assurant un suivi annuel de leur exposition, ainsi que de leur santé. De plus, différentes zones d'expositions sont définies afin de protéger et informer les travailleurs mais aussi de matérialiser les zones de dangers environnantes à leurs activités.

Enfin, un outil développé par le l'IRSN renforce les moyens de protections des salariés exposés aux rayonnements ionisants en affirmant un suivi plus important en plus d'informer directement l'IRSN, il s'agit du système SISERI.

5. Annexes

5.1. Annexe 1 - Protocole de mesure du radon dans le cadre de l'évaluation du risque

L'objectif du mesurage dans le cadre de l'évaluation du risque est de vérifier qu'il n'y a pas de dépassement du niveau de référence (NR : 300 Bq/m³).

Le mesurage du radon s'effectue à l'aide de détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN). Ces détecteurs doivent être analysés par des laboratoires accrédités (voir liste sur le site de l'IRSN ou de l'INRS). Les DSTN ne sont pas des appareils électroniques.

I - Durée et période de mesure

La durée du mesurage est de deux à trois mois pendant une présence effective de travailleurs, qu'elle soit régulière ou ponctuelle suivant les locaux mesurés. Il est nécessaire de réaliser ce mesurage pendant la période hivernale ou de chauffage afin de plutôt maximiser le niveau de radon.

Les conditions de travail et l'activité professionnelle sont à prendre en compte : elles peuvent conduire à modifier la durée ou la période de mesure.

II – Protocole de mesure

Dans un lieu de travail situé dans un bâtiment du secteur tertiaire, le DSTN « ouvert » peut être utilisé facilement. Néanmoins, s'il y a présence de locaux de travail à atmosphère empoussiérée ou avec beaucoup d'humidité, c'est le DSTN « fermé » qui est recommandé. Dans tous les cas, il convient d'utiliser le même type de détecteur pour l'ensemble des mesures effectuées dans un même lieu de travail.

Les éléments suivants sont à prendre en compte pour le nombre et l'emplacement des détecteurs dans les locaux du lieu de travail :

1. en présence d'un seul grand local dans le lieu de travail, il est nécessaire de placer les détecteurs à proximité des postes de travail les plus représentatifs ;
2. en présence d'un sous-sol dans le lieu de travail où des travailleurs peuvent se rendre, même occasionnellement, des mesurages sont à réaliser (c'est en général dans les sous-sols où s'accumule le plus de radon) ;
3. en absence de sous-sol, les mesurages sont à réaliser au rez-de-chaussée du lieu de travail dans des locaux représentatifs de postes de travail réguliers mais aussi

- dans des locaux où la présence de travailleurs est plus occasionnelle, en particulier les « locaux spécifiques à radon » (plus confinés, mal ventilés...);
4. dans certains cas, il peut être suggéré de réaliser quelques mesurages à l'étage en présence de locaux pouvant drainer le radon des étages inférieurs du fait d'une activité professionnelle particulière (dépression importante ou chaleur accrue) ou de gaines techniques en grand nombre provenant des étages inférieurs.

Le nombre de détecteurs à implanter dépend de la superficie du lieu de travail, du type et des similitudes des locaux présents ainsi que des conditions de travail (voir tableau ci-après).

| Superficie au sol ⁷ du lieu de travail | Estimation du nombre de détecteurs | Exemples de lieux de travail |
|---|---|---|
| Inférieure à 200 m ² Plusieurs locaux de travail | Au moins 2, mais en général entre 3 à 5 suivant le nombre et le type de locaux. | Bureaux, cabinets dentaires ou de radiologie... |
| Inférieure à 200 m ² Un seul grand espace de travail | Au moins 2 à placer au plus proche de postes de travail. | Magasins, commerces... |
| Entre 200 et 1000 m ² Plusieurs locaux de travail | Au moins 1 par ensemble de locaux contigus ayant des caractéristiques de température, ventilation, nature du sol et interface sol-bâtiment similaires et, au moins 1 dans un « local spécifique à radon » ⁸ s'il en existe. Pour les grands locaux de plus de 200 m ² , au moins 1 par unité de surface de 200 m ² à placer au plus proche d'un poste de travail. | Ateliers, banques, hôtels, bâtiments publics... |
| Entre 200 et 1000 m ² Un seul grand espace de travail | Au moins 1 par unité de surface de 200 m ² à placer au plus proche d'un poste de travail. | Bureaux en plateaux ouverts (<i>open-space</i>), supermarchés, entrepôts, usines... |
| Supérieure à 1000 m ² Plusieurs locaux de travail | Au moins 1 par ensemble de locaux contigus ayant des caractéristiques de température, ventilation, nature du sol et interface sol-bâtiment similaires et, au moins 1 dans un « local spécifiques à radon », s'il en existe. Pour les grands locaux de plus de 400 m ² , au moins 1 par unité de surface de 400 m ² à placer au plus proche d'un poste de travail. | Hôpitaux, écoles, centres commerciaux, grands bâtiments... |
| Supérieure à 1000 m ² Un seul grand espace de travail | Au moins 1 par unité de surface de 400 m ² à placer au plus proche d'un poste de travail. | Grands entrepôts, grandes usines, parkings, hypermarchés... |

Recommandations pour le nombre de détecteur en fonction de la surface.

Lors de la pose des détecteurs, il est recommandé :

- De placer les détecteurs entre 1 m et 2 m du sol, en laissant un espace libre autour d'eux de façon à ce que la mesure soit représentative de l'atmosphère du local ;
- De veiller à ce que le détecteur demeure éloigné de toute source de chaleur, de zones de passage, d'une bouche de ventilation, d'ouvrants et de tout risque d'aspersion d'eau ;
- D'informer les personnes travaillant dans les locaux (y compris le personnel d'entretien) de la présence des détecteurs afin d'éviter tout dommage ou déplacement pendant la durée d'exposition.

Le détecteur doit être mis en position de mesurage (ON, ouverture...) au moment de la pose (se référer à la notice d'utilisation fournie avec les détecteurs) et ne doit plus changer de position pendant toute la durée du mesurage. Une fois la pose effectuée, il convient d'établir un plan d'implantation des détecteurs avec leur numéro. Il est aussi souhaitable de prendre des photographies pour bien identifier leurs emplacements.

III – Envoi des détecteurs au laboratoire d'analyse en fin d'exposition

A la fin de la période de mesurage, les détecteurs doivent être mis en position d'arrêt de mesurage (OFF, fermeture...) et retournés au laboratoire pour analyse le plus rapidement possible (se référer à la notice d'utilisation fournie avec les détecteurs). Il est essentiel de bien préciser les dates de pose et de dépose de chaque détecteur sur le document retourné ainsi que de renseigner les éléments demandés par le laboratoire accrédité pour l'analyse des DSTN.

IV - Exploitation des résultats et document de synthèse

Après traitement des détecteurs, le laboratoire retourne un rapport d'analyse avec les résultats associés à chaque détecteur.

Afin de conserver ces résultats, il convient de rédiger un document de synthèse des mesures effectuées. Il sera à insérer dans le document unique comme demandé à l'article R. 4451-16 du code du travail afin d'être consultable pendant une période d'au moins dix ans. Il contient un tableau récapitulatif des locaux dépistés avec le résultat de mesure en Bq/m³ (activité volumique) correspondant, pouvant ainsi être comparé au niveau de référence (NR) fixé à 300 Bq/m³. Il n'est pas nécessaire de tenir compte de la valeur de l'incertitude (notée +/- dans les rapports d'analyse) pour comparer au NR, si la période de mesurage est supérieure à deux mois. Tout dépassement du NR doit être clairement mentionné.

6. Sources

- https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/risque-radon-milieu-professionnel/Pages/0-sommaire-risque-radon-prevention-milieu-professionnel.aspx#.Ya331C_pOJ8
- [https://www.asn.fr/recherche?filter_year\[from\]=2008&filter_year\[to\]=2013&search_text=radon](https://www.asn.fr/recherche?filter_year[from]=2008&filter_year[to]=2013&search_text=radon)
- [R-Rex-Prévention-Remédiation-Risque-Radon.pdf \(Cours\)](#)
- [Radioprotection CM 2021.pdf \(Cours\)](#)
- <https://www.echosciences-paca.fr/articles/qu-est-ce-que-le-radon-qu-est-ce-que-la-zone-3-un-article-pour-faire-le-point>
- [PPT CDF 108 Ind A Radon.pdf \(Cours\)](#)
- <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/3-mesure-radon.aspx#.YgDtqurMJPY>
- <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/6-Comment-reduire-son-exposition-au-radon.aspx#.YgD2PerMJPY>
- <https://www.sante-radon.com/wp-content/uploads/2015/03/Methodes-de-remediation-du-probleme-radon1.pdf>
- <https://www.sante-radon.com/le-radon/comment-eliminer-le-probleme-radon>
- <https://www.inrs.fr/risques/radon/Demarche-prevention-risques.html>
- https://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/guide_dgt_-_prevention_du_risque_radon_-_edition2020.pdf?TSPD_101_R0=087dc22938ab200016ec42fbc07342a0babdb1fea212462602b615eeb3249768d7b9314fc6f4b1a8087dd1f9241430008d4757d095c3f592706e02abcb48c8db7077bb36b77b1a8ea59e8f0e628f56fbd9a12088a1b318d346d5362237cd36e2
- https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072050/LEGISCTA000006145412/#LEGISCTA000006145412